

**Scanning method using co=ordinate measuring device**

**Patent number:** DE19730471  
**Publication date:** 1999-02-11  
**Inventor:** THESKA RENE DR (DE); MUELLER HANS-JUERGEN (DE)  
**Applicant:** LEITZ BROWN & SHARPE MESTECHNI (DE)  
**Classification:**  
- **international:** G01B21/04; G01B21/20  
- **european:** G05B19/39; G05B19/42B2  
**Application number:** DE19971030471 19970716  
**Priority number(s):** DE19971030471 19970716

[Report a data error here](#)**Abstract of DE19730471**

The scanning method uses the sensor head of a co-ordinate measuring device for regulated scanning (B1), in which the deflection of the head is controlled by a regulation circuit, or controlled scanning (B2), in which the head is moved along a given path, with automatic switching between the alternate operating modes, e.g. using a transition phase for moving the head into alignment with the given path.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 197 30 471 A 1

(5) Int. Cl. 6:  
**G 01 B 21/04**  
G 01 B 21/20

(71) Anmelder:  
Leitz-Brown & Sharpe Meßtechnik GmbH, 35578  
Wetzlar, DE

(74) Vertreter:  
S. Knefel und Kollegen, 35578 Wetzlar

(72) Erfinder:  
Theska, René, Dr., 35606 Solms, DE; Müller,  
Hans-Jürgen, 35619 Braunfels, DE

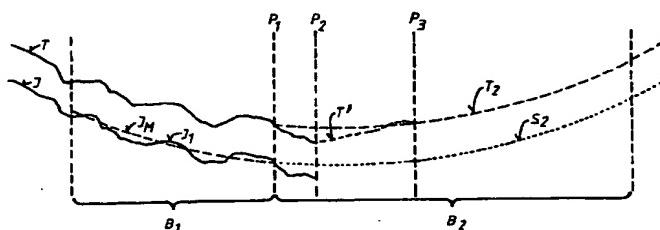
(56) Entgegenhaltungen:  
DE 1 95 29 574 A1  
DE 42 12 455 A1  
DE 35 23 188 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren zum Scannen mit einem Koordinatenmeßgerät sowie Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Scannen mit einem Koordinatenmeßgerät sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, bei denen wahlweise geregeltes oder gesteuertes Scannen möglich ist, wobei automatisch zwischen beiden Betriebsarten umgeschaltet werden kann.



DE 197 30 471 A 1

DE 197 30 471 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Scannen mit einem Koordinatenmeßgerät sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Bei Koordinatenmeßgeräten werden im wesentlichen zwei Betriebsarten unterschieden:

Die Einzelpunktantastung, wobei der Taststift an einem Punkt in Kontakt mit der Werkstückoberfläche gebracht wird, um einen Meßpunkt aufzunehmen und das Scannen, wobei der Taststift im kontinuierlichen Kontakt mit der Werkstückoberfläche geführt wird und dabei im Maschinentakt Meßpunkte aufnimmt.

Beim Scannen sind zwei unterschiedliche Verfahren bekannt:

Beim "geregelten" Scannen wird die Auslenkung des Tastkopfes in einem Regelkreis auf einen Sollwert geregelt. Zur Steuerung wird lediglich eine Fläche vorgegeben, die die Werkstückoberfläche schneidet und in der die Tastkugel geführt wird. Dieses Verfahren ist universell einsetzbar, aber schwingungsanfällig, da hierbei über das gesamte Koordinatenmeßgerät ein Regelkreis geschlossen werden muß, in den aus der gescannten Kontur beliebige Frequenzen eingekoppelt werden. Die erreichbare Geschwindigkeit ist bei gegebener Genauigkeit daher durch die Dynamik des Gesamtsystems begrenzt.

Beim "gesteuerten" Scannen wird andererseits der Tastkopf entlang einer durch Soll-Daten vorgegebenen Bahn geführt und die Abweichung der Ist- von der Sollkontur gemessen. Dieses Verfahren ist Regelungstechnisch einfacher zu beherrschen und erlaubt in der Regel größere Geschwindigkeiten als das geregelte Scannen, jedoch müssen vorher die Sollkontur und die Lage des Werkstückes bekannt sein. In beschränktem Maße können Abweichungen der Form oder Lage durch Anpassung der vorgegebenen Soll-Daten kompensiert werden, beispielsweise durch Aufschalten einer veränderlichen Größe, die die ursprüngliche Soll-Scanlinie verändert, wie in der DE 197 01 693-6-52 beschrieben.

Beide bekannten Verfahren unterliegen somit verfahrens-eigenen Beschränkungen im praktischen Einsatz.

Das der Erfindung zugrunde liegende technische Problem besteht darin, ein Scanverfahren anzugeben, das diese Nachteile nicht aufweist, das heißt, das einerseits nicht, die das gesteuerte Scannen, die Vorgabe einer Sollkontur erfordert, andererseits aber eine höhere Stabilität besitzt und damit höhere Scangeschwindigkeiten erlaubt als das geregelte Scannen.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruches i sowie die Merkmale des Anspruches 22 gelöst.

Dadurch, daß beide Scanverfahren abwechselnd möglich sind, und daß je nach Bedarf automatisch und ruckfrei zwischen beiden Scanverfahren umgeschaltet werden kann, werden die Vorteile der beiden Verfahren in einem Verfahren vereint.

Erfindungsgemäß findet zwischen den beiden Scanarten ein ruckfreier Übergang statt. Der ruckfreie Übergang von geregeltem zu gesteuertem Scannen kann durch Zwischen-schaltung einer Übergangsphase erreicht werden, innerhalb derer der Tastkopf auf die Tastkopf-Soll-Bahn geführt wird.

In einem Scanlauf werden die folgenden Schritte in der angegebenen oder in einer anderen Reihenfolge durchgeführt:

- Es wird ein festgelegter Startpunkt angefahren;
- es wird in einer festgelegten Richtung mit einer vor gegebenen Steuerfläche geregelt gescannt;
- es werden aus den Ist-Daten der bereits gemessenen Kontur durch Extrapolation Soll-Daten für die zu mes-

sende Kontur berechnet;

- es ist eine Übergangsphase zwischen dem geregelten und dem gesteuerten Scannen vorgesehen;
- es wird gesteuert gescannt, indem der Tastkopf entlang einer Soll-Bahn, die aus den Soll-Daten für die Kontur berechnet wird, geführt wird;
- die Ist-Daten der Kontur werden überwacht;
- die Soll-Daten für die zu messende Kontur werden, falls notwendig, angepaßt;
- der Scanlauf wird nach Vorliegen eines Abbruchkriteriums abgebrochen oder mit einem anderen Schritt fortgesetzt.

Im folgenden wird die Ausführung des erfindungsgemäß

15 Verfahrens an einem 3D-Koordinatenmeßgerät mit einer gegebenen Grundgenauigkeit und einer gegebenen Dynamik im Antriebs- und im Scanregelkreis beschrieben. Ausgangen wird dabei von einem Objekt mit einer nicht genauer bekannten Kontur, die mit einer gegebenen Genauigkeit möglichst rasch vermessen werden soll. Der Bediener wird sich daher für die Betriebsart "Scannen" entscheiden, wobei die abzufahrende Konturlinie gegeben sei als die Schnittlinie der Werkstückoberfläche mit einer Steuerfläche, beispielsweise einer Ebene.

20 Das erfindungsgemäß Verfahren läuft nun in folgenden Schritten:

## 1. Start

30 Erfindungsgemäß braucht der Bediener keine weiteren Vorgaben zu machen als den Anfangspunkt, die Steuerfläche und die Startrichtung des Scans innerhalb der Steuerfläche. Die Tastkugel wird manuell oder automatisch am Startpunkt auf die Werkstückoberfläche aufgesetzt, und die Tasterauslenkung wird automatisch in die Nähe des Sollwertes, dies ist in der Regel die Mitte des Meßbereiches des Tastkopfes, eingestellt.

## 2. Vorbeschleunigungsphase

40 Das Koordinatenmeßgerät beginnt dann in der vorgegebenen Richtung die Werkstückkontur abzutasten. Dabei werden die Antriebe so geregelt, daß die Auslenkung des Tastkopfes stets innerhalb des Meßbereiches bleibt, das heißt, die Betriebsart ist das geregelte Scannen. Die Scangeschwindigkeit wird allmählich gesteigert in einem durch die Dynamik des Gesamtsystems vorgegebenen Maße bis zu einer ebenfalls vorgegebenen ersten Grenzgeschwindigkeit  $v_1$ . Diese Geschwindigkeit  $v_1$  ist so bestimmt, daß mit allen gängigen Taststiftkombinationen und unter den in der Praxis vorkommenden Bedingungen geregeltes Scannen mit der spezifizierten Genauigkeit möglich ist. Damit ist  $v_1$  niedriger als die mit gesteuertem Scannen bei derselben Genauigkeitsforderung mögliche Geschwindigkeit und auch in der Regel niedriger als die unter den aktuellen Bedingungen maximal mögliche Geschwindigkeit beim geregelten Scannen.

## 3. Regelphase

45 Erfindungsgemäß wird die Scanlinie in der beschriebenen Weise nun solange abgefahren, bis ein genügend großes Stück der Werkstückkontur gemessen worden ist, um mit einer vorgegebenen Genauigkeit die Lage, die Richtung und die Krümmung der gescannten Kontur zu bestimmen. Hierfür werden bekannte Verfahren, wie etwa die Least-Squares-Methode, verwendet. Auch die in der Vorbeschleunigungsphase aufgenommenen Meßwerte können zur Bestimmung

der genannten Größen benutzt werden. Die vorbestimmte Genauigkeit, mit der diese bestimmt werden müssen, hängt dabei von einer Vielzahl von Parametern ab, wie etwa der Dynamik des Gesamtsystems oder dem Meßbereich des Tastkopfes.

#### 4. Übergangsphase

Aus der gemessenen Lage, Richtung und Krümmung der bisher gescannten Kontur wird ein Stück der zu scannenden Kontur als Soll-Scanlinie extrapoliert. Damit ist die Voraussetzung für gesteuertes Scannen erfüllt. Das Koordinatenmeßgerät stellt die Betriebsart automatisch auf gesteuertes Scannen um. Dabei sollte auf einen Übergang geachtet werden, der nicht zur Einkoppelung von Schwingungen führt. Dieser Anschluß kann nach dem unten beschriebenen Übergangsverfahren erfolgen. In der Praxis wird jedoch oft auch eine Filterung der Meßdaten ausreichen, um Übergangseffekte zu vermeiden.

#### 5. Steuerphase

Der Tastkopf des Koordinatenmeßgerätes wird nun entlang der jetzt bekannten Sollkontur geführt, wobei die bekannten Korrekturen, wie etwa Tasterradius-, Auslenkungs-, Fliehkraft- und Biegungskorrektur, an der extrapolierten Scanlinie angebracht werden, um die Soll-Bahn des Tastkopfes festzulegen. Da gesteuertes Scannen in der Regel eine höhere Geschwindigkeit zuläßt als  $v_1$ , wird zunächst in einer weiteren Beschleunigungsphase die Scan-Geschwindigkeit bis zu einer zweiten Grenzgeschwindigkeit  $v_2$  gesteigert, die dann bis zum Eintreten eines Abbruchkriteriums beibehalten wird. Der Vorgang der Berechnung der Sollkontur aus der bekannten Istkontur beziehungsweise aus einem Stück der Istkontur wird, sobald erstmals eine Sollkontur berechnet worden ist, kontinuierlich wiederholt, um die Soll-Bahn des Tastkopfes zu verlängern. Treten Abweichungen zwischen Ist- und Sollkontur auf, so kann nach ebenfalls bekannten Verfahren, zum Beispiel gemäß der DE 197 01 693.6-52, die Sollkontur angepaßt werden, um ein Auswandern des Tasters aus dem Meßbereich des Tastkopfes zu verhindern.

Ein Abbruch oder eine Umschaltung zwischen Regel- und Steuerphase erfolgt, wenn eines der folgenden Abbruch- oder Umschaltkriterien, die kontinuierlich überwacht werden, erfüllt ist:

- Der Anfangspunkt des Scans, gegebenenfalls ein vorgegebener Endpunkt oder beispielsweise der Rand des Meßbereichs des Koordinatenmeßgerätes sind erreicht. In diesem Fall wird der gesamte Scan beendet.
- Die Schwingungsamplitude des Systems überschreitet ein vorbestimmtes Maß. Solche Schwingungen müssen sich noch nicht in den Meßwerten äußern, beispielsweise bei einer Regelkreisschwingung zwischen Achsen und Tastkopfwerten, können aber auf eine beginnende Instabilität hinweisen. In diesem Fall wird der Scan mit einer niedrigeren Geschwindigkeit fortgesetzt, oder es wird auch schon bei einer niedrigeren Geschwindigkeit als  $v_1$  auf gesteuertes Scannen umgeschaltet.
- Es tritt eine Kollision ein, oder die Tastkopfauslenkung über- oder unterschreitet ein vorbestimmtes Maß. In diesem Fall kann der Scan abgebrochen werden oder an einem zurückliegenden Punkt der Scanlinie wieder mit der Vorbeschleunigungsphase neu angesetzt werden, gegebenenfalls mit veränderten Parametern oder verlängerter Regelphase.

d) Die notwendige Anpassung der Sollkontur durch Abweichung zwischen Ist- und Sollkontur überschreitet ein vorbestimmtes Maß. In diesem Fall wird der Scan mit der Geschwindigkeit  $v_1$  mit der Regelphase fortgesetzt, wobei wiederum auf einen ruckfreien Übergang zu achten ist.

Durch Vorgabe einer Vielzahl von Parametern, beispielsweise für die Geschwindigkeit oder das Verfahren der Bahn-Extrapolation, kann das erfundungsgemäße Verfahren an die Eigenschaften des Koordinatenmeßgerätes, gegebenenfalls auch an die jeweilige Meßaufgabe, angepaßt werden. Dementsprechend können auch noch weitere Abbruch- oder Umschaltkriterien definiert werden.

Falls bekannt, kann durch Vorgabe eines Sollkonturstücks der Scanlauf auch mit gesteuertem Scannen beginnen.

Weitere Einzelheiten der Erfindung können den Unteransprüchen entnommen werden.

Auf der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, und zwar zeigen:

Fig. 1 einen erfundungsgemäßen Verfahrensablauf mit einem Übergang vom geregelten zum gesteuerten Scannen;

Fig. 2 ein geändertes Ausführungsbeispiel;

Fig. 3 eine erfundungsgemäße Vorrichtung.

Gemäß Fig. 1 ist das erfundungsgemäße Verfahren mit einem Übergang vom geregelten zum gesteuerten Scannen gezeigt.

Es wird angenommen, daß in vorherigen Scanphasen ein Teil der Istkontur  $I_1$  ermittelt worden ist. Hierzu wird aufgrund des Bereiches  $B_1$  der Istkontur durch bekannte Auswerteverfahren, zum Beispiel durch Mittelung, Glättung, Filterung, Spline-Einpassung und so weiter, eine gemittelte Istkontur  $I_M$  ermittelt. Diese gemittelte Istkontur  $I_M$  wird extrapoliert, ebenfalls mit Hilfe bekannter Verfahren, vorzugsweise durch stetigen und zweimal stetig differenzierbaren Anschluß bei konstanter räumlicher Krümmung, um zumindest in einem Bereich  $B_2$  eine Sollkontur  $S_2$  zu bestimmen.  $I_1$ ,  $I_M$  und  $S_2$  beschreiben dabei die Koordinaten der Werkstückoberfläche in einem beliebigen, aber festen Koordinatensystem, wobei die üblichen Korrekturen, wie Tastkugelradius-, Geometrie-, Biegungs-, Linearitäts-, Temperatur- oder dynamische Korrekturen, bereits alle oder einige durchgeführt sein können, aber auch nachfolgenden Auswertungsschritten überlassen sein können. Aus  $S_2$  wird wiederum unter Rückrechnung der Soll-Auslenkung des Tastkopfes und gegebenenfalls der genannten Korrekturen die Soll-Bahn des Tastkopfes  $T_2$ , zumindest im Bereich  $B_2$  berechnet.

Während die für die Extrapolation verwendeten Daten nur bis zum Punkt  $P_1$  reichen, wird sich die Tastkugel aktuell bereits im Punkt  $P_2$  befinden. In diesem Punkt wird, wenn die vorhergehende Phase die Regelphase war, aufgrund der Regelabweichung zwischen der Istkontur  $I$  und der Soll-Kontur  $S_2$  im allgemeinen auch eine Regelbewegung des Tastkopfes stattfinden, um die Soll-Auslenkung des Tastkopfes wieder einzustellen. Das bedeutet, daß die Tastkopfbahn  $T$  nach Position, Geschwindigkeit und Beschleunigung in  $P_2$  nicht der Sollbahn  $T_2$  entspricht.

In der Übergangsphase wird daher eine geregelte Bewegung eingeschoben, die den Tastkopf über ein Bahnstück  $T'$  auf seine Soll-Bahn  $T_2$  führt. Diese Regelung kann analog zum geregelten Scannen aufgebaut sein, nur daß nicht die Abweichung der Ist-Auslenkung des Tastkopfes von der Soll-Auslenkung als Eingangsgröße des Reglers dient, sondern die Abweichung der Ist-Position des Tastkopfes von der Soll-Bahn  $T_2$ . Wie beim gesteuerten Scannen spielt die Auslenkung des Tastkopfes keine Rolle, kann aber überwacht werden. Ebenso wie bei der eigentlichen Scanrege-

lung kann bei dieser Regelung durch geeignete Parameter dafür gesorgt werden, daß die Schwingungseinkoppelung so gering wie möglich ist. Gegebenenfalls kann durch entsprechendes Verschieben der Soll-Bahn  $T_2$  des Tastkopfes für einen stetigen Übergang der Regler-Eingangsgrößen gesorgt werden (nicht dargestellt in Fig. 1). In Punkt  $P_3$  ist der Tastkopf genügend nahe an der Soll-Bahn  $T_2$ , so daß die Steuerphase beginnen kann.

Anstatt durch rechnerische Verfahren im Bereich  $B_1$  eine gemittelte Istkontur zu bestimmen, kann auch im Bereich  $B_1$  der Regelkreis kontinuierlich verändert werden, beispielsweise durch Reduzieren der Regelkreisverstärkung, bis bei  $P_1$  der Tastkopf kaum noch auf die Tastkopfauslenkung reagiert, so daß nahezu ruckfrei auf die Steuerphase umgeschaltet werden kann (Fig. 2).

Bei geeigneter Form der Regelkreisveränderung folgt der Tastkopf im Bereich  $B_1$  immer weniger den hochfrequenten Fluktuationen der Werkstückoberfläche und erzeugt damit automatisch eine Bahn, die stetig und zweimal stetig differenzierbar in die für die Steuerphase gewünschte Soll-Bahn für den Tastkopf übergeht und aus der durch Extrapolation die ab  $P_1$  gültigen Soll-Daten für die Tastkopfbahn berechnet werden.

Der umgekehrte Übergang vom gesteuerten zum geregelten Scannen wird in der Regel mit dem Vorliegen eines Abbruchkriteriums verbunden sein. Je nach Art des Abbruchkriteriums wird dann mit der Vorbeschleunigungsphase aus dem Stillstand oder, nach Abbremsen auf eine Geschwindigkeit nahe  $v_1$ , direkt mit der Regelphase begonnen. In beiden Fällen ist außer der Bremsphase, die gesteuert erfolgen kann, keine weitere Übergangsphase erforderlich.

Gemäß Fig. 3 sind die Bauteile einer erfundungsgemäßen Vorrichtung dargestellt.

Der Tastkopf 1 wird durch Antriebsregler 4 und Antriebe 2 an einen festgelegten Startpunkt oder an einen zurückliegenden Punkt der Scanlinie gefahren.

Anschließend wird in einer festgelegten Richtung mit einer vorgegebenen Steuerfläche geregt gescannt, wobei ein Meßwerterfassungssystem 3 die gelieferten Meßwerte erfaßt. Die Ist-Daten aus dem Meßwerterfassungssystem 3 werden dem Maschinenrechner 8 zugeführt, der aus den Ist-Daten der bereits gemessenen Kontur durch Extrapolation Soll-Daten für die zu messende Kontur berechnet.

Nach einer Übergangsphase wird gesteuert gescannt, indem der Tastkopf 1 entlang einer Soll-Bahn  $T_2$ , die aus den Soll-Daten für die Kontur berechnet wird, geführt wird.

Eine Überwachungseinheit 5 überwacht die Ist-Daten der Kontur.

Die Soll-Daten werden für diese zu messende Kontur angepaßt. Diese Aufgabe wird von einem Rechner-Modul 6 übernommen.

Bei Vorliegen eines Abbruchkriteriums, welches von einer Überwachungseinheit 7 überwacht wird, wird der Scanlauf abgebrochen oder unterbrochen und mit einem anderen Schritt wieder aufgenommen.

Die eigentlichen Meßwerte werden an den Auswerterechner 9 weitergegeben. Über diesen erfolgt auch die Vorgabe von Scan-Parametern oder von Soll-Daten für einzelne Bahnstücke.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Tastkopf
- 2 Antriebe
- 3 Meßwerterfassungssystem für die Ist-Daten
- 4 Antriebsregler
- 5 Überwachungseinheit für die Ist-Daten
- 6 Einheit für die Anpassung der Soll-Daten

7 Überwachungseinrichtung für die Abbruchkriterien

8 Maschinenrechner

9 Auswerterechner

1 Istkontur

5 I<sub>1</sub> Istkontur im Bereich B<sub>1</sub>

I<sub>M</sub> gemittelte Istkontur

B<sub>1</sub> Bereich des geregelten Scannens (Regelphase)

B<sub>2</sub> Bereich der Übergangsphase und des gesteuerten Scannens

10 B<sub>3</sub> Bereich mit reduzierter Regelkreisverstärkung

S<sub>2</sub> Sollkontur im Bereich B<sub>2</sub>

T<sub>2</sub> Soll-Bahn des Tastkopfes im Bereich B<sub>2</sub>

T' Bahnstück mit geregelter Bewegung des Tastkopfes  
P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> Punkte

15

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Scannen mit einem Tastkopf eines Koordinatenmeßgerätes, dadurch gekennzeichnet, daß wahlweise geregeltes oder gesteuertes Scannen in einem Scanlauf möglich ist, und daß das Umschalten zwischen beiden Scanarten automatisch durchgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein rucksfreier Übergang zwischen beiden Scanarten durchgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der rucksfreie Übergang von geregeltem zu gesteuertem Scannen durch Zwischenschalten einer Übergangsphase erfolgt, und daß in der Übergangsphase der Tastkopf (1) auf die Tastkopf-Soll-Bahn ( $T_2$ ) geführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß in der Übergangsphase eine geregelte Bewegung des Tastkopfes (1) stattfindet.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Scanlauf die folgenden Schritte durchgeführt werden:

- a) es wird ein festgelegter Startpunkt angefahren;
- b) es wird in einer festgelegten Richtung mit einer vorgegebenen Steuerfläche geregt gescannt;
- c) es werden aus den Ist-Daten ( $I_1$ ) der bereits gemessenen Kontur durch Extrapolation Soll-Daten ( $S_2$ ) für die zu messende Kontur berechnet;
- d) es findet eine Übergangsphase mit einer geregelten Bewegung des Tastkopfes (1) statt;
- e) es wird gesteuert gescannt, indem der Tastkopf (1) entlang einer Soll-Bahn ( $T_2$ ), die aus den Soll-Daten ( $S_2$ ) für die Kontur berechnet wird, geführt wird;
- f) die Ist-Daten der Kontur werden überwacht;
- g) die Soll-Daten für die zu messende Kontur werden, falls notwendig, angepaßt;
- h) der Scanlauf wird nach Vorliegen eines Abbruchkriteriums abgebrochen oder mit einem anderen Schritt fortgesetzt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Schritte a) bis h) in einer anderen Reihenfolge durchgeführt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß für die Extrapolation eine rechnerische Mittelung, Glättung, Filterung oder Spline-Einpassung der Istkontur ( $I_1$ ) durchgeführt wird, und daß wenigstens Lage, Richtung und Krümmung dieser gemittelten Istkontur ( $I_M$ ) am Übergang verwendet werden.

8. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß für die Extrapolation der Regelkreis für die Tastkopfauslenkung so verstellt wird, daß der Tast-

60

65

kopf (1) in einem begrenzten Bereich ( $B_3$ ) automatisch einer gemittelten Bahn folgt.

9. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß für die Extrapolation die Projektion der extrapolierten Soll-Daten in die Steuerfläche verwendet wird, oder daß die Abweichung der Soll-Bahn aus der Steuerfläche heraus in Position, Geschwindigkeit und/oder Beschleunigung begrenzt wird. 5

10. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Auftreten von Schwingungen mit einer vorbestimrnten Amplitude ein Abbruch- oder Umschaltkriterium ist. 10

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Tastkopfsignal als Indikator für Schwingungen verwendet wird. 15

12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die gemessene Istkontur als Indikator für Schwingungen verwendet wird.

13. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß Schwingungssensoren vorgesehen sind. 20

14. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Auftreten einer bestimmten Tastkopfauslenkung oder einer Kollision als Abbruchkriterium gilt.

15. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß nach einem Abbruch der Scanlauf an einem Punkt der gemessenen Kontur fortgesetzt wird. 25

16. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß nach einem Abbruch der Scanlauf mit veränderten Parametern fortgesetzt wird. 30

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß nach einem Abbruch der Scanlauf mit verringriger Geschwindigkeit fortgesetzt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß vor Beginn des Scanlaufs zumindest für einzelne Stücke der zu messenden Kontur Soll-Daten vorgegeben werden. 35

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß vor Beginn des Scanlaufs festgelegt wird, welche Stücke der Kontur mit welchem Scanverfahren gemessen werden sollen. 40

20. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Taster (1) des Koordinatenmeßgerätes ein mechanischer Taster ist. 45

21. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Taster (1) des Koordinatenmeßgerätes ein optischer Taster ist.

22. Koordinatenmeßgerät zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Koordinatenmeßgerät einen Tastkopf (1) aufweist, bei dem wahlweise

- eine Regelung der Auslenkung auf einen Sollwert erfolgt (geregeltes Scannen) oder
- bei dem eine Führung entlang einer durch Soll-Daten vorgegebenen Bahn ( $S_2$ ) erfolgt, wobei eine Einheit (8) zur Erfassung der Abweichung der Ist- von der Sollkontur vorgesehen ist (gesteuertes Scannen)

23. Koordinatenmeßgerät nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß das Koordinatenmeßgerät eine Steuerung mit folgenden Funktionsbaugruppen enthält:

- Rechner (4) für die Berechnung von Soll-Daten ( $S_2$ ) für die zu messende Kontur aus den Ist-Daten ( $I_1$ ) bereits gcmsscncn Kontur durch Extrapolation;
- Überwachungseinheit (5) für die Ist-Daten der Kontur;

- Rechner (6) für die Anpassung der Soll-Daten für die zu messende Kontur;
- Überwachungseinheit (7) für die Prüfung des Vorliegens eines Abbruchkriteriums;
- Meßwerterfassungseinrichtungen (8).

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

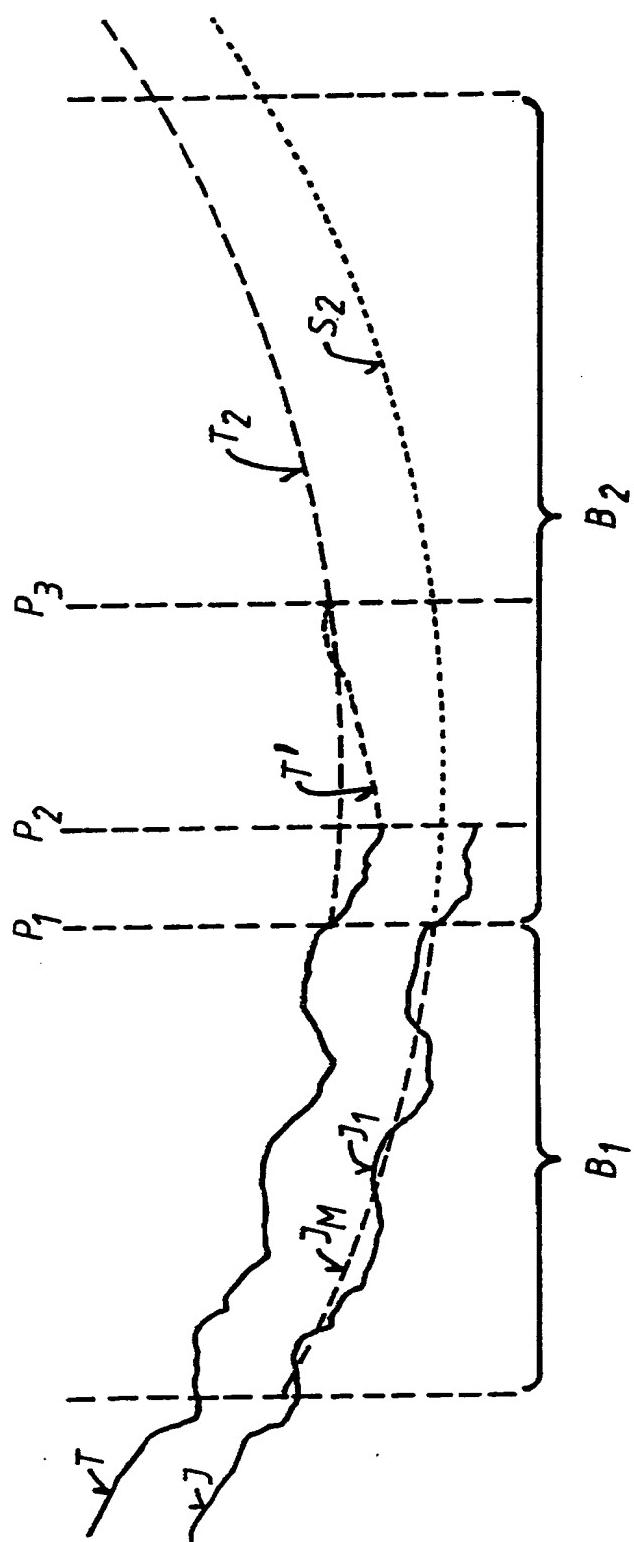


Fig. 1

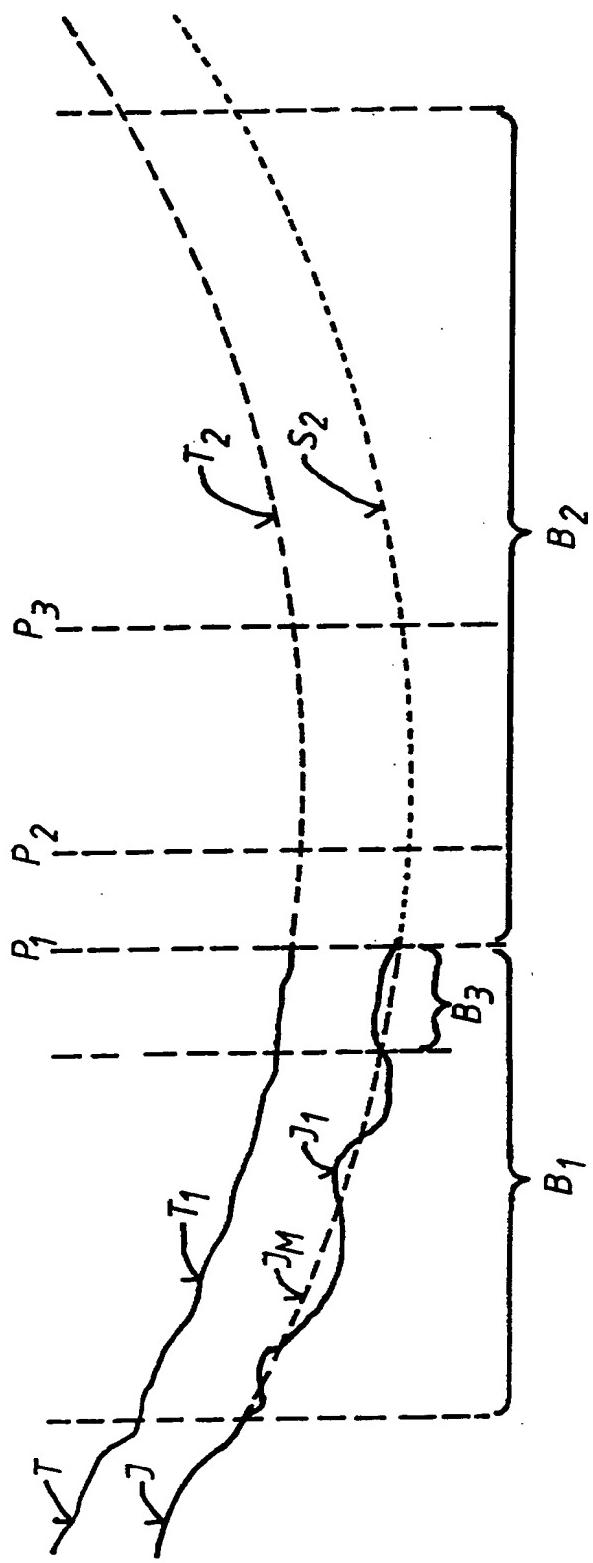
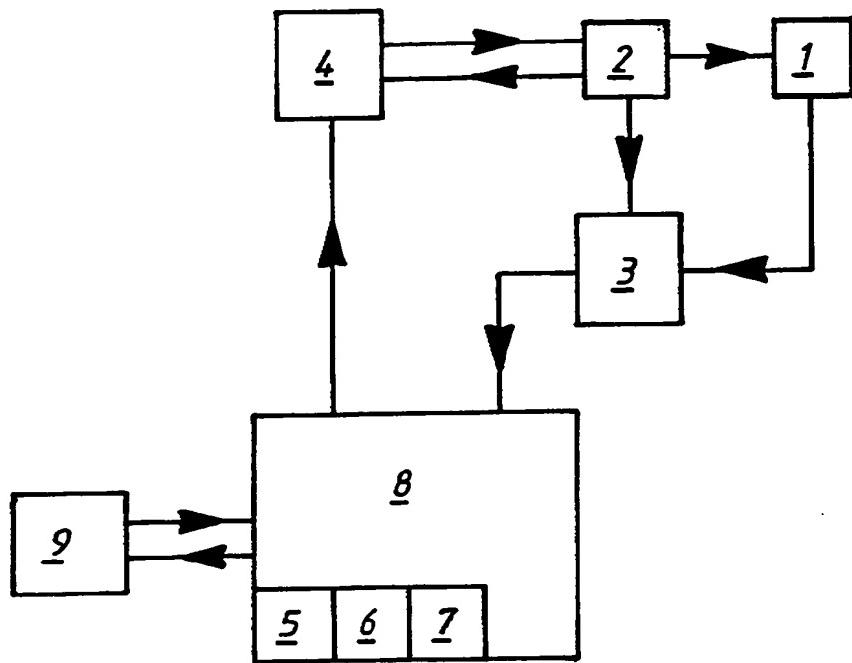


Fig. 2



*Fig. 3*